



# **23**

## **SisEucalipto e SisILPF\_Eucalipto: softwares para manejo de precisão de espécies de eucalipto em monocultivo e sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)**

Edilson Batista de Oliveira



## Introdução

O desenvolvimento de simuladores de crescimento, produção e manejo florestal pela Embrapa Florestas teve início na década de 1980. Com forte apoio de empresas florestais privadas e públicas, diversos softwares foram criados, inicialmente em linguagem Pascal e, posteriormente, Delphi.

O software SisEucalipto foi lançado pela Embrapa Florestas no ano 2000, no *Congresso e Exposição Internacional sobre Florestas - Forest 2000*. A primeira versão contemplou *Eucalyptus grandis* e os dados utilizados para a sua elaboração foram cedidos pela Klabin, extraídos de populações comerciais da espécie crescendo no município de Telêmaco Borba, PR. Os dados de crescimento e sobrevivência de árvores foram provenientes de 228 parcelas amostradas em povoamentos com idades entre 3 e 22 anos (Oliveira et al., 2000). Com muitos povoamentos implantados antes de 1980, a Klabin era uma das únicas empresas que possuíam registros de dados de eucaliptos manejados com mais de 20 anos de idade, em número de talhões necessários, extensão de área e avaliações periódicas que possibilitassem a construção dos algoritmos componentes do software. Posteriormente, utilizando-se dados de diversas localizações, foram desenvolvidas versões do SisEucalipto para *E. dunnii*, *E. saligna*, *E. benthamii* e para o híbrido "urograndis" (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*).

Para sistemas de integração lavoura-pecuária-florestas (ILPF), a Embrapa construiu o SisILPF\_Eucalipto, lançando a versão para "urograndis" em 2018, na Expoforest e IV Encontro Brasileiro de Silvicultura (Oliveira, 2018b), eventos ocorridos em Ribeirão Preto, SP.

SisEucalipto e SisILPF\_Eucalipto orientam produtores rurais com tecnologias adequadas para o manejo florestal de precisão. O objetivo é dar suporte às atividades de planejamento, manejo e análise econômica da plantação florestal, em cultivo homogêneo ou em sistemas de ILPF. Por meio deles, os usuários podem testar, para cada condição de clima e solo, todas as opções de manejo da floresta.

Os softwares descrevem, por meio de tabelas contendo dados de crescimento e de produção e tabelas com dados de sortimento de madeira, como uma plantação de eucalipto cresce e produz, conforme os regimes de manejo indicados pelo usuário.

Utilizando técnicas estatísticas fundamentadas em distribuições probabilísticas, com parâmetros ajustados com ampla base de dados de medições de povoamentos florestais, os softwares possibilitam que os produtores façam prognoses de produções presente e futura, efetuem análises econômicas e, assim, tenham cenários que sirvam de base para levar ao campo apenas a melhor alternativa técnica e econômica.

Eles são ferramentas de análise que orientam produtores rurais com tecnologias adequadas para o manejo e planejamento florestal, fornecendo informações que permitam otimizar a produção e aumentar a renda. Também calculam o carbono

sequestrado pelas árvores e dão acesso ao software Planin, que gera parâmetros para análise econômica da produção florestal (Oliveira, 2011).

Neste capítulo são apresentados detalhes do SisEucalipto e do SisILPF\_Eucalipto, com destaque para novos lançamentos de versões específicas para *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii*, espécies que têm apresentado elevadas produtividades em áreas sujeitas à ocorrência de geadas, na região Sul do Brasil.

## Elementos do manejo florestal utilizados pelos softwares

Os softwares propiciam prognoses do crescimento e indicam o quanto de madeira a floresta produz, em qualquer idade. Também possibilitam simular desbastes e testar qualquer regime de manejo que se deseja aplicar nos povoamentos avaliados. Os cálculos envolvem os parâmetros e índices mais utilizados no manejo de florestas plantadas. São eles:

### Altura dominante e índice de sítio

Altura dominante possui diversas definições, todas considerando a medição da altura de árvores da parte superior do dossel, ou seja, das classes dominantes e codominantes. O princípio de Assmann (1970) define altura dominante como sendo o valor médio das alturas das 100 árvores de maior diâmetro por hectare. Pode ser obtida pela média das 100 árvores mais altas ou, ainda, média da altura de 20% das árvores de maior diâmetro ou altura do povoamento. Em uma parcela de inventário de 400 m<sup>2</sup>, tem sido usual considerar altura dominante como a altura média das quatro árvores mais altas ou de maior diâmetro.

Índice de sítio indica a capacidade de produção de um determinado local (sítio é a área onde se encontra a plantação florestal). Ele pode ser calculado usando a altura dominante em uma idade fixada (Idade índice), por exemplo, sete anos para eucalipto.

O índice de sítio é o primeiro item solicitado pelos softwares. Trata-se de uma informação básica para que os algoritmos gerem resultados para a condição específica do povoamento estudado. O manual explica com detalhes como ele é obtido e apresenta tabelas de Classificação de Sítios que auxiliam os usuários com as informações necessárias para enquadramento do software ao potencial produtivo de cada plantação. Estas tabelas contemplam, em uma escala crescente, desde os sítios com menor potencial de produtividade até os mais produtivos que foram encontrados nas regiões de plantio da espécie trabalhada.

## Diâmetro à altura do peito (DAP) e área basal por hectare

O diâmetro à altura do peito (DAP) é obtido pela medição do diâmetro do tronco das árvores a 1,3 metro de altura do solo. Com dados de medição do DAP, pode ser calculada a área seccional de cada árvore à altura do peito (1,3 m). Com o somatório das áreas seccionais de todas as árvores contidas em um hectare, pode ser obtida a área basal por hectare do povoamento.

## Índice de homogeneidade do plantio

Trata-se de um índice criado especificamente para aumentar a precisão dos softwares. O usuário indica um valor de 1 a 10 para a homogeneidade do seu plantio. Este valor pode ser baseado em medidas estatísticas (como variância e coeficiente de variação) ou alguma medida empírica, como simplesmente notas de 1 a 10. Plantios clonais nem sempre têm valor 10 porque o índice envolve, além de variabilidade genotípica, a variabilidade no sítio (Oliveira, 2011).

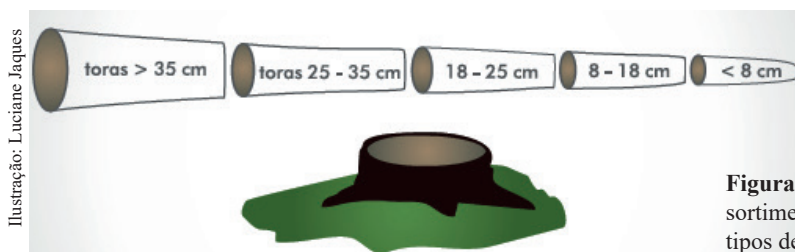
## Equações de sítio, volume e sortimento

Os softwares possuem equações de sítio, de volume e de sortimento que podem ser substituídas pelo usuário por outras que ele considere mais apropriadas para seus povoamentos.

As equações de sítio descrevem o crescimento em altura dominante da espécie em função do potencial de produtividade do sítio (local) em que se encontra o povoamento.

Equações de volume das árvores ou de plantações florestais geralmente são baseadas no DAP, na altura da árvore e em um fator de forma que representa a divisão do volume real da árvore pelo volume de um cilindro de diâmetro e altura da árvore.

As equações de sortimento (ou equações de afilamento do fuste) descrevem matematicamente o perfil longitudinal de um tronco. Elas permitem construir tabelas de volume para diferentes dimensões de toras, de acordo com padrões estabelecidos pelo mercado, conforme mostra a Figura 1. O diâmetro listado como limite da classe



**Figura 1.** Tronco com sortimento em função de tipos de tora.

é o da secção mais fina (menor diâmetro) da tora. A delimitação do comprimento das toras também é uma informação necessária para a realização do sortimento das árvores.

## Índice de Hart-Becking e o modelo de Reineke

O índice de Hart-Becking é a relação entre o espaçamento médio entre árvores e a altura dominante.

O modelo de Reineke gera uma curva de área basal em relação ao número de árvores por hectare para plantações superestocadas, que representa a máxima densidade que o povoamento terá numa condição de ocupação completa ou estoque completo. Este modelo possibilita a construção de um Diagrama de Manejo da Densidade (DMD) para orientar decisões sobre o manejo.

## Desbastes

Desbastes de uma plantação florestal (em monocultivo ou ILPF) são colheitas antecipadas e parciais, que buscam melhorar a qualidade do povoamento, reduzir a densidade de plantio, diminuir a competição entre as árvores e antecipar renda ao produtor pela venda da madeira de desbaste. Entre as árvores a serem desbastadas estão aquelas de qualidade inferior (dominadas, bifurcadas, tortas e doentes).

Os tipos, intensidades e épocas de desbastes irão variar em função de fatores tais como: objetivo industrial da produção, qualidade do local (solo, clima), material genético, espaçamento e densidade de plantio. Deve-se buscar um bom aproveitamento dos espaços disponíveis no povoamento (distribuição mais uniforme das árvores após desbastes), evitando-se a formação de clareiras, e considerar fatores como os objetivos da produção e a maximização da rentabilidade econômica.

Os softwares contemplam opções de desbastes dos tipos Sistemáticos, Seletivos e Mistos (Sistemáticos seguidos de Seletivos), que são definidos e sugeridos por Oliveira (1995):

- **Sistemáticos:** quando se removem as árvores a partir de um esquema fixo de escolha, em função da disposição no povoamento. Por exemplo, a remoção de uma fileira inteira de árvores, intercalada com outras fileiras que permanecem intactas. Neste desbaste as árvores não possuem critério de remoção baseado em tamanho. Assim, podem ser desbastadas árvores em todas as classes de DAP e altura. A maneira mais comum de realização dos desbastes sistemáticos é a colheita de linhas de plantio inteiras. Isto facilita colheitas mecanizadas, possibilita acesso para a realização de desbastes seletivos e facilita a remoção e o transporte das árvores.



Entretanto, não necessariamente um desbaste sistemático tem que ser feito por linhas. Na sistematização, teoricamente as árvores retiradas terão média e variância equivalentes àquelas do povoamento. Assim, as dimensões das árvores desbastadas equivalem a amostras ao acaso no povoamento. Desta forma, este tipo de desbaste pode receber, também, a denominação de “Desbaste ao Acaso”.

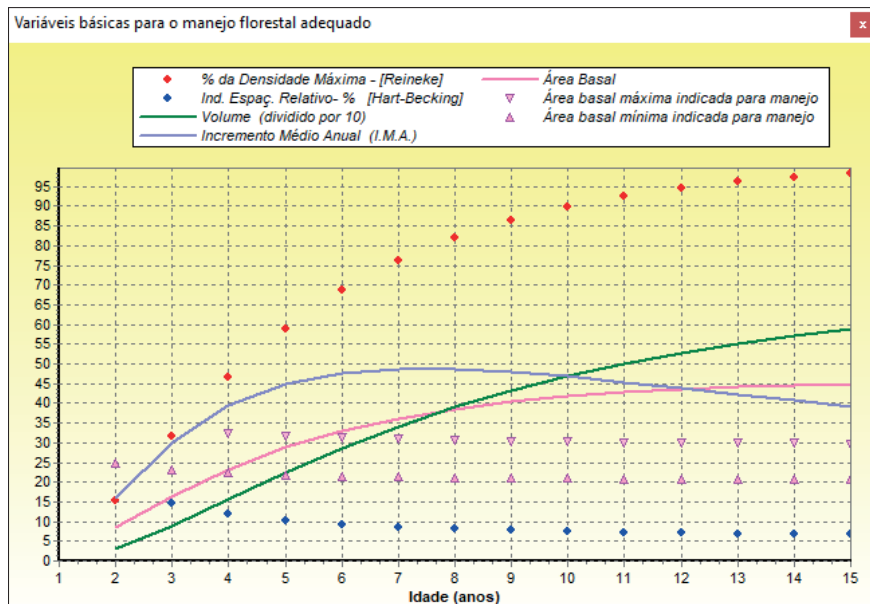
- **Seletivos por baixo:** removem-se as menores árvores do povoamento. Tanto o diâmetro quanto a altura podem ser usados como variáveis na escolha das árvores a serem removidas. Nos desbastes seletivos, a forma contemplada, pelo SisEucalipto é “Seletivo por baixo”, em que são removidas as menores árvores. Os softwares selecionam as dimensões das árvores a serem desbastadas levando em conta, simultaneamente, DAP e Altura. Assim, uma árvore com DAP inferior pode ser mantida caso sua altura seja competitiva.
- **Mistos:** denominado assim o desbaste em que se processa primeiro o desbaste sistemático e, em seguida, nas linhas remanescentes, o seletivo.
- **Seletivo pelo alto ou seletivo por copas:** apesar de os softwares gerarem resultados diretos apenas para regimes de manejo que envolvam os três métodos citados, a aplicação de simulações para desbastes “Mistos” possibilita a obtenção de resultados para desbaste “Seletivo pelo Alto” ou “Seletivo por Copas”. Este desbaste procura preservar as árvores melhores, sendo cortadas suas concorrentes diretas, sempre com foco na sua boa distribuição espacial no talhão, evitando clareiras.

## Gráfico do SisEucalipto para avaliação de desbastes e manejo de precisão

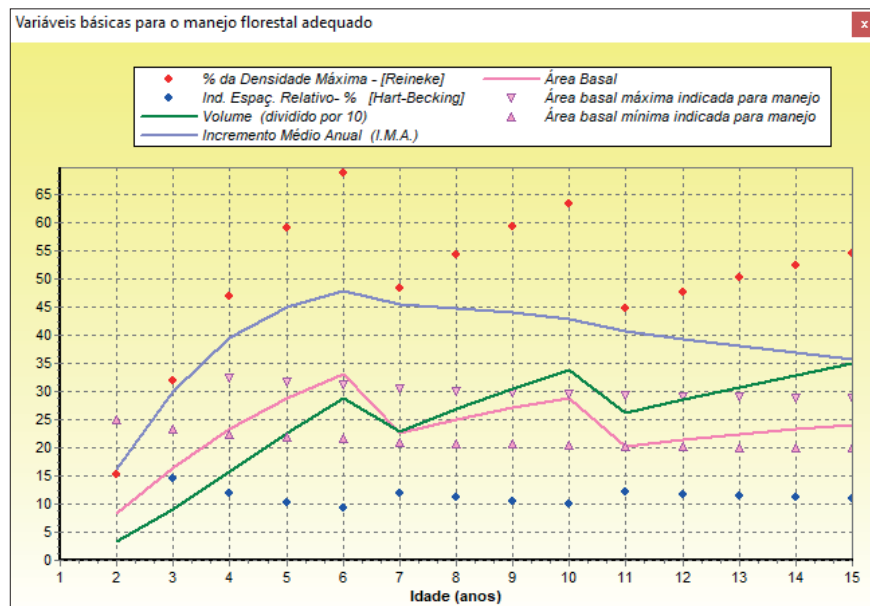
O índice de Hart-Becking e o modelo de Reineke têm grande aplicação na determinação de pesos em desbastes. O gráfico gerado pelos softwares apresenta a evolução dos valores do índice (pontos azuis) e do percentual de ocupação do sítio pelo povoamento analisado ao longo do tempo, mostrando faixas adequadas para desbastes, tendo por base o modelo de Reineke. A linha rosa deve ficar entre os triângulos rosa, de modo que a área basal do povoamento se localize entre a área basal mínima e máxima recomendada para o manejo. Assim, torna-se simples e de fácil aplicação e interpretação esta forma compacta de apresentar o Diagrama de Manejo da Densidade (DMD). Na Figura 2 é apresentado graficamente um exemplo para o híbrido “urograndis” em que A) representa o plantio de 1.667 árvores sem desbaste e B) 1.667 árvores com dois desbastes de 50%, aos 6 e 10 anos.

O gráfico auxilia na definição do manejo adequado. O manejo para manutenção da área basal na faixa para desbaste, como no caso da Figura 2, induz a perdas na produção total (IMA), entretanto promoverá maior produção de toras de maior diâmetro e, com isso, de maior valor no mercado.

## a) Povoamento sem desbaste



## b) Povoamento com dois desbastes



**Figura 2.** Gráficos gerados pelo SisEucalipto A) 1.667 árvores sem desbastes e B) 1.667 árvores com dois desbastes de 50% aos 6 e 10 anos.



## A base estatística dos softwares

Todos os SisEucaliptos foram construídos com base em distribuições probabilísticas, projetando ano a ano a estrutura de cada plantação, envolvendo simultaneamente os parâmetros das distribuições.

Os algoritmos são baseados nas distribuições probabilísticas  $S_B$  e  $S_B$  bivariada ( $S_{BB}$ ), conforme Hafley e Buford (1985), Hafley e Schreuder (1977), Schreuder e Hafley (1977). A distribuição  $S_B$  descreve a distribuição marginal da variável diâmetro ou altura de árvores de um povoamento em diferentes idades e a  $S_{BB}$  descreve a distribuição conjunta destas variáveis.

A função de distribuição  $S_B$  é expressa por:

$$f(x) = \frac{\delta\lambda}{\sqrt{2\pi}(x - \xi)(\xi + \lambda - x)} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \gamma + \delta \ln \left( \frac{(x - \xi)}{(\xi + \lambda - x)} \right) \right]^2 \right\}$$

A construção da distribuição  $S_{BB}$  é baseada na distribuição  $S_B$ , juntamente com a distribuição Normal Bivariada.

Considerando-se  $D$  e  $H$  o DAP e a altura total das árvores, respectivamente, tem-se:

$$z_D = \gamma_D + \delta_D \ln \left( \frac{(x_D - \xi_D)}{\lambda_D + \xi_D - x_D} \right) \quad \text{e} \quad z_H = \gamma_H + \delta_H \ln \left( \frac{(x_H - \xi_H)}{\lambda_H + \xi_H - x_H} \right)$$

em que  $z_D$  e  $z_H$  têm distribuição Normal Bivariada com correlação .

$$f(z_D, z_H) = \left[ 2\pi(1 - \rho^2)^{1/2} \right]^{-1} \exp \left[ -\frac{1}{2}(1 - \rho^2)^{-1}(z_D^2 - 2\rho z_D z_H + z_H^2) \right]$$

Os parâmetros  $\xi_D$  e  $\xi_H$  representam, respectivamente, os valores mínimos de  $D$  e  $H$  na população;  $\lambda_D$  e  $\lambda_H$  representam as amplitudes de  $D$  e  $H$ . Os parâmetros  $\gamma_D$ ,  $\gamma_H$ ,  $\delta_D$  e  $\delta_H$  não podem ser relacionados às características individuais do povoamento florestal, mas sim pelas seguintes expressões:

$$\hat{\delta} = \frac{\lambda}{4\sigma_x} \quad \text{e} \quad \hat{\gamma} = \frac{2x_m - \xi - \lambda}{\lambda\delta} - \delta \ln \left( \frac{x_m - \xi}{\lambda + \xi - x_m} \right)$$

em que  $\sigma_x$  = desvio padrão de  $x$  ( $x = H$  ou  $D$ ) e  $x_m$  = moda de  $x$ .

O valor de  $X_m$  é definido pelo valor de  $x$  que satisfaz a expressão:

$$\frac{2(x - \zeta)}{\lambda} - 1 = \delta \left[ \gamma + \delta \ln \left( \frac{(x - \zeta)}{(\lambda + \zeta - x)} \right) \right]$$

Para a elaboração do modelo de crescimento e produção, as estimativas dos parâmetros foram associadas, por meio de funções, ao número de árvores por hectare ( $S$ ) e à altura dominante ( $H_D$ ) ou idade do povoamento, utilizando-se o modelo de Richards:

$$\text{Parâmetro de interesse} = f_1(S) \{1 - \exp[H_D f_2(S)]\}^{f_3(S)}$$

Equações para a estimativa dos parâmetros da distribuição  $S_{BB}$ :

$$H_D = \exp\{a_1[(1/A)^{b_1} - (1/15)^{b_1}]\} IS$$

$$H_m = H_D(a_2 + b_2 A)$$

$$H_1 = H_D a_3 [1 - \exp(-b_3 A)]$$

$$S_H = a_4 [1 - \exp(-b_4 A)]^{c_4}$$

$$D_H = a_5 [1 - \exp(-b_5 A)]^{c_5}$$

$$D_m = D_D a_6 [1 - \exp(-b_6 H_D)]$$

$$D_1 = D_D a_7 [1 - \exp(-b_7 H_D)]^{c_7}$$

$$S_D = a_8 [1 - \exp(-b_8 H_D)]^{c_8}$$

$$\rho(Z_D, Z_H) = a_9 + b_9 \cos(c_9 H_D) + d_9 H_D$$

Em que:

$IS$  = índice de sítio;

$H_D$  = altura dominante;

$A$  = idade do povoamento;

$D_D$  = maior diâmetro;

$H_m$  e  $D_m$  = moda das alturas e dos diâmetros;

$H_1$  e  $D_1$  = menor altura e menor diâmetro;

$S_H$  e  $S_D$  = desvios padrões das alturas e dos diâmetros;

$a_i$ ,  $b_i$  e  $c_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 9$ ) são equações para cada parâmetro, com variável independente baseada no número de árvores por hectare.

## Novas versões dos softwares para áreas com ocorrência de geadas

Em áreas com ocorrência de geadas na região Sul do Brasil, as espécies *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* têm apresentando elevadas produtividades. Além de tolerar baixas temperaturas, elas possuem uma série de requisitos favoráveis para o monocultivo e, principalmente, para sistemas ILPF. Destacam-se entre estes requisitos o rápido crescimento, fuste alto e copas pouco densas, fácil obtenção de mudas, práticas culturais conhecidas, preservação de boa quantidade de folhas no inverno, boa acomodação do gado para conforto térmico, permitem liberar os animais com um ou dois anos de plantio e produzem madeira para diferentes finalidades.

O potencial de expansão de plantios destas espécies nas regiões de ocorrência de geadas é bastante elevado, principalmente considerando a integração com a pecuária. Nos sistemas ILPF, o eucalipto tem prestado excelentes serviços ambientais, que aumentam a produção de carne e leite e gerado renda aos produtores com a madeira produzida.

As novas versões dos softwares para estas espécies, em monocultivo e sistema ILPF, dão suporte técnico para que os produtores planejem e adotem técnicas de manejo aos seus cultivos. Os softwares fornecem os procedimentos operacionais detalhados nos seus respectivos manuais. Alguns destes procedimentos, bem como os resultados gerados, são apresentados a seguir, tendo por base o SisILPF para *E. benthamii*. Para isto, considera-se um sistema de ILPF (Exemplo 1) com renques de três linhas de árvores, espaçamento de 3 m entre linhas e 2 m entre árvores, e a distância entre renques de 20 m. O arranjo proposto resulta, assim, em 577 árvores plantadas por hectare. Será aplicado um desbaste seletivo de 50% das menores árvores aos seis anos de idade e a colheita final aos 12 anos. Na Figura 3, é apresentado o menu principal do SisILPF contendo os botões e itens que dão acesso às operações do software. O valor do índice de sítio para o Exemplo 1 é de 25 m, obtido pela altura dominante aos sete anos de idade.

O item “Equações” apresenta os subitens Sítio, Volume e Sortimento. Os três possuem equações básicas que podem ser substituídas caso o usuário possua modelos que considere mais adequados. Observa-se, também, o item “Diâmetro de toras e sortimento”, pelo qual são informados os tipos de produto e respectivas dimensões das toras (Ex: Serraria com diâmetro mínimo maior que 18 cm). Nos “Catálogos”, as opções “Produtos” e “Fórmulas” permitem armazenar alternativas para estes itens, que podem ser utilizados nas simulações em função de opções do usuário.

O SisILPF possui três opções de entrada de dados. No Exemplo 1, será utilizada a opção em que é informado apenas o arranjo de plantio, o número de árvores por hectare e o índice de sítio. As outras duas opções de entrada de dados utilizam informações de parcelas de inventário em qualquer idade de plantio e, portanto, podem gerar resultados mais precisos (Figura 4).

SisILPF - Nova Simulação

Arquivo Gráfico Análise econômica - Manual - Outros

Entrada de Dados

**ILPF - Eucalyptus benthamii**

Descrição: Exemplo 1

Índice de Sítio (m): 25 (Verif. Manual)

Inventário: Número de árvores plantadas: 500  
Percentual de sobrevivência inicial: 100%

Listagens: Gerar resultados para as idades de 1 a 20, de 1 em 1 ano(s)

Desbastes:

Equações:

Sítio: Embrapa (IS 7 anos)

Volume: Embrapa

Sortimento: SERPE, E.L. (2015)

Resultados

Figura 3. Tela de abertura do SisILPF.

SisILPF - Nova Simulação

Arquivo Gráfico Análise econômica - Manual - Outros

Entrada de Dados

**INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTAS**

Número de linhas por renque: 3

Distância entre linhas no renque (m): 3

Distância entre renques (m): 20

☒ Número de árvores por hectare no plantio

Árvores/ha no plantio: 577

Sobrevivência inicial - 1º ano (%): 100

☐ Número de árvores por hectare em determinada idade

Árvores/ha na idade abaixo:

Idade do plantio (anos):

☐ Árvores/ha e área basal ou diâmetro médio em det. idade

Árvores/ha na idade abaixo:

Idade do plantio (anos):

☐ Área basal (m2/ha):

☐ Diâmetro médio (DAP-cm):

Nível de homogeneidade do plantio:

☐ Plantios heterogêneos = 1 a 4

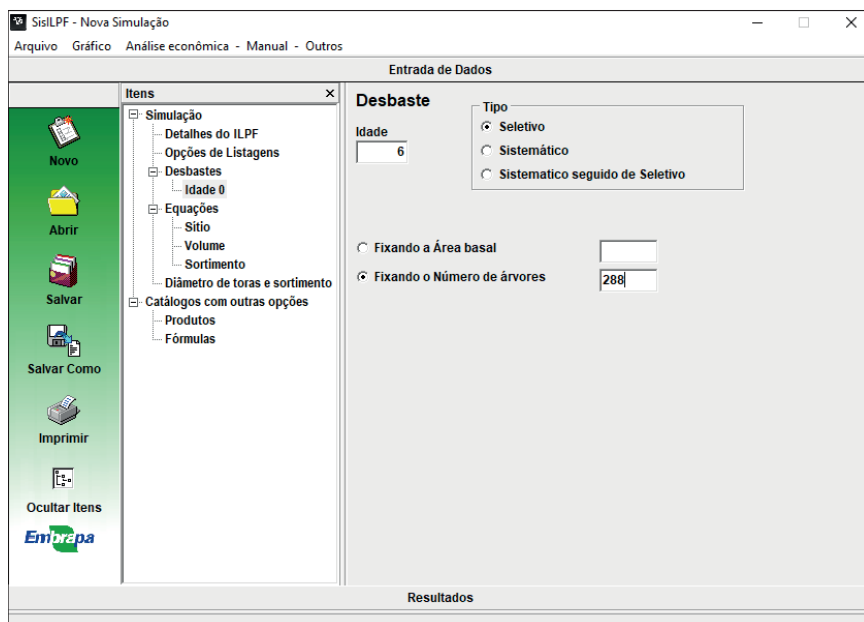
☒ Homogeneidade média = 5 a 7

☐ Plantios homogêneos = 8 a 10

Resultados

Figura 4. Tela com detalhes do sistema de ILPF do Exemplo 1.

A aplicação de desbastes (Figura 5) oferece três opções: “1. Desbaste Seletivo” (colheita das menores árvores), “2. Desbaste Sistemático” (colheita que não considera o tamanho das árvores. Pode ser ao acaso ou sistematizada, por exemplo, de uma árvore a cada três na linha), e “3. Desbaste Sistemático seguido de Seletivo”



**Figura 5.** Tela com informações sobre desbaste (Exemplo 1).

A indicação da Intensidade do desbaste pode ser feita pela Área Basal ou Número de Árvores por Hectare. Nos dois casos, indica-se o que ficará de remanescente após o desbaste e não o que será desbastado.

Para o sortimento da produção madeireira do Exemplo 1, as toras terão 2,5 metros de comprimento com as seguintes classes de diâmetro: “Toras > 18 cm”, “Toras de 8 a 18 cm” e “Toras < 8 cm”. Estas informações são inseridas em tela apresentada na Figura 6.

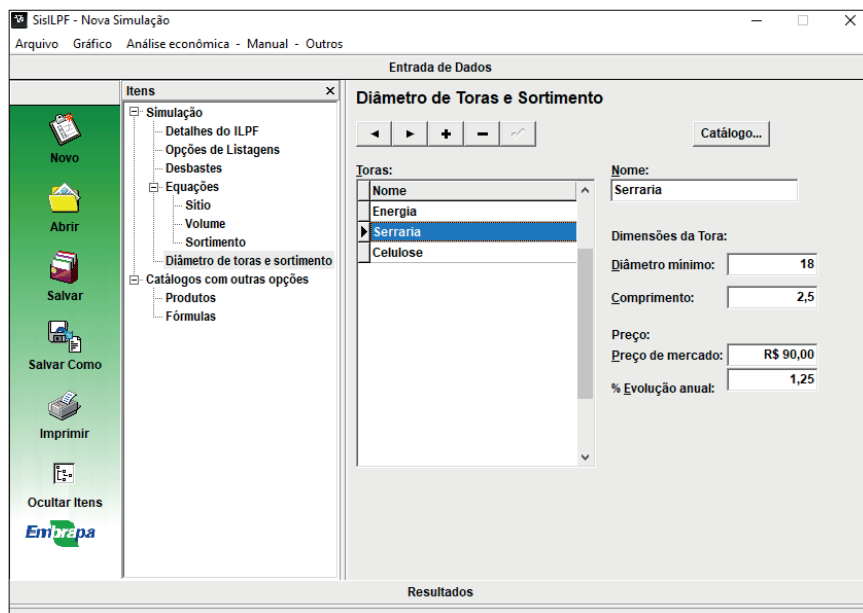


Figura 6. Tela para dimensionamento de toras para sortimento.

Os resultados (Figura 7) apresentam os valores por hectare das diversas variáveis que descrevem a estrutura do componente florestal. O dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e o metano ( $\text{CH}_4$ ) constituem-se no equivalente armazenado pelo fuste e demais componentes das árvores, como raízes, galhos e folhas, sendo que o  $\text{CO}_2$  trata do total equivalente das árvores existentes no sistema e o metano à média anual destas árvores.

SisILPF - Nova Simulação

Arquivo Gráfico Análise econômica - Manual - Outros

Entrada de Dados

Resultados

**Sis.ILPF**

**TABELA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO - Eucalyptus benthamii**

Descrição: Exemplo 1  
Índice de Sítio: 25,0  
Densidade (árvores por hectare): 577  
Porcentagem de sobrevivência (1º ano): 100 %

	Árvores/Ha	Altura Média	Diâm. Médio	Área Basal	Vol. Total	Vol. / Ano	t. CO2	Kg. Metano / Ano
1	577	3,6	1,7	0,1	0,2	0,2	0,2	5,6
2	576	8,2	6,9	2,1	7,6	3,8	6,0	106,8
3	574	11,8	11,0	5,5	27,9	9,3	21,9	260,4
4	570	14,6	13,9	8,6	54,1	13,5	42,4	378,7
5	563	16,8	15,9	11,1	80,8	16,2	63,4	452,6
6	556	18,7	17,3	13,1	105,6	17,6	82,8	493,0

O povoamento foi desbastado pela remoção de 268 árvores.

Idade	Árvores/Ha	Altura Média	Diâm. Médio	Área Basal	Vol. Total	Vol. / Ano	t. CO2	Kg. Metano / Ano
7	286	21,7	21,7	10,6	99,3	14,2	77,9	397,6
8	285	23,0	23,0	11,9	117,5	14,7	92,2	411,4
9	283	24,2	24,1	12,9	133,9	14,9	105,1	417,0
10	281	25,3	24,9	13,7	148,9	14,9	116,8	417,3
11	279	26,4	25,6	14,3	162,5	14,8	127,5	413,9
12	277	27,3	26,2	14,9	174,8	14,6	137,2	408,2

**DESBASTES**

Idade	Volume Removido	tCO2
6	42,8	33,6

**SORTIMENTO PARA ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (6 ANOS)**

Classes DAP	Árv/ha	Altura Média	Volume Total	Toras > 18 cm	Toras 8-18 cm	Toras < 8 cm
12,0-14,0	12	17,4	1,3	0,0	0,9	0,3
14,0-16,0	110	18,0	15,6	0,0	13,4	2,2
16,0-18,0	119	18,5	20,2	0,0	18,9	1,3
18,0-20,0	26	17,2	5,3	0,0	5,1	0,2
20,0-22,0	1	17,9	0,4	0,1	0,2	0,0
<b>Totais</b>		<b>18,4</b>	<b>42,8</b>	<b>0,1</b>	<b>38,5</b>	<b>4,2</b>

**SORTIMENTO PARA ÁRVORES REMOVIDAS NO CORTE FINAL (12 ANOS)**

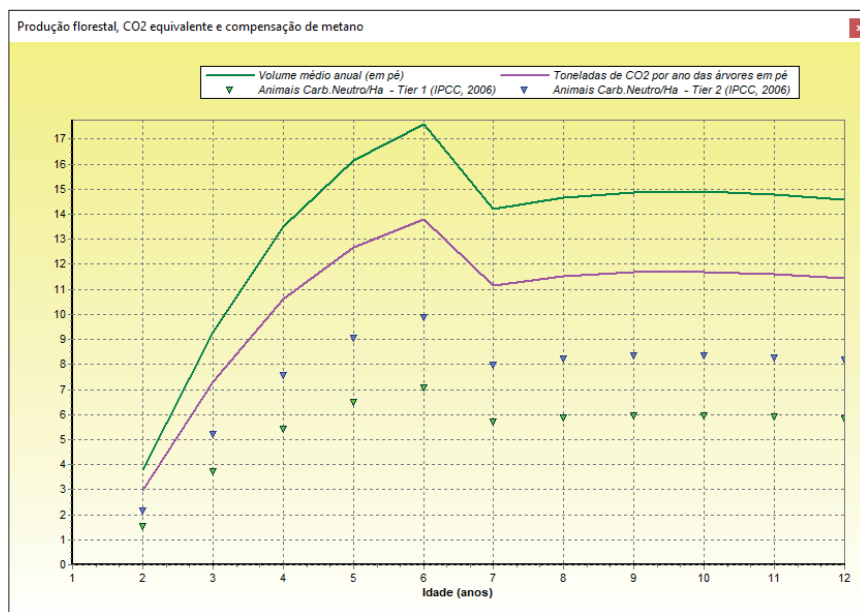
Classes DAP	Árv/ha	Altura Média	Volume Total	Toras > 18 cm	Toras 8-18 cm	Toras < 8 cm
18,0-20,0	8	24,3	3,7	0,9	2,6	0,2
20,0-22,0	154	26,5	88,7	35,7	50,1	2,9
22,0-24,0	109	28,5	76,9	49,0	26,1	1,8
24,0-26,0	6	30,0	5,6	4,0	1,4	0,2
<b>Totais</b>		<b>27,3</b>	<b>174,8</b>	<b>89,6</b>	<b>80,1</b>	<b>5,1</b>

Figura 7. Tabelas de crescimento e produção e de sortimento com resultados do Exemplo 1.

Todas as produções madeireiras dos desbastes e da colheita final são apresentadas separadamente em tabelas de sortimento, por classes de dimensões de tora indicadas pelo usuário.



Na parte superior das telas, clicando no item “Gráfico”, o sistema apresentará a Figura 8, mostrando a evolução do volume de madeira e da quantidade de CO<sub>2</sub> do Exemplo 1.



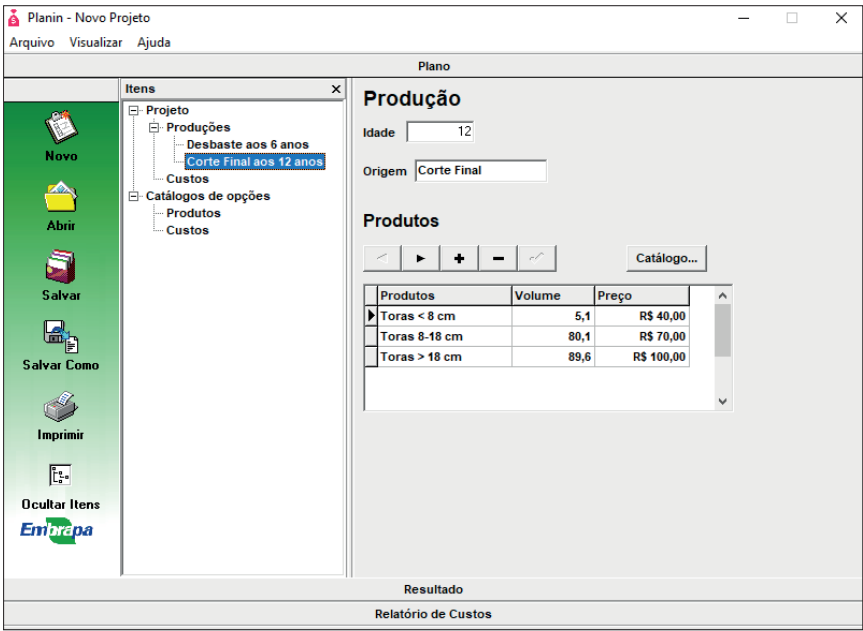
**Figura 8.** Gráfico com resultados do volume médio anual de madeira em pé, quantidade de carbono e de animais com emissão compensada do Exemplo 1.

No gráfico é apresentado ainda o número de árvores necessárias para compensar as emissões de metano pelos animais, no sistema ILPF. Tier 1 e Tier 2 (IPCC, 2006) são níveis de referência para emissões de metano entérico. Tier 1 é fixado para a América Latina em 56 kg CH<sub>4</sub>/animal ao ano e Tier 2c para o gado consumindo forragem com diferentes digestibilidades (55% a 65%), indicando um fator de emissão de metano em torno de 70 kg CH<sub>4</sub>/animal ao ano (Alves et al., 2017).

## O software Planin para análise econômica

O software Planin é instalado junto com o SisEucalipto e SisILPF\_Eucalipto, o que permite o cálculo dos parâmetros de análise econômica mais utilizados para a avaliação da produção madeireira de regimes de manejo de plantações florestais. Também gera tabelas para análise de sensibilidade da rentabilidade a diferentes taxas de atratividade, preços de madeira e custos envolvidos. Para acompanhamento de custos, há a emissão de um relatório dos gastos anuais.

Nas Figuras a seguir são apresentadas três das telas do Planin, com detalhes para o Exemplo 1 de ILPF com *E. benthamii* (Figura 7) da entrada de dados de produção madeireira por dimensões de tora (Figura 9), custos envolvidos (Figura 10) e resultados da análise econômica com taxa de juros de 4% ao ano (Figura 11).



**Figura 9.** Tela para informações dos produtos a serem analisados pelo software Planin, conforme Exemplo 1.

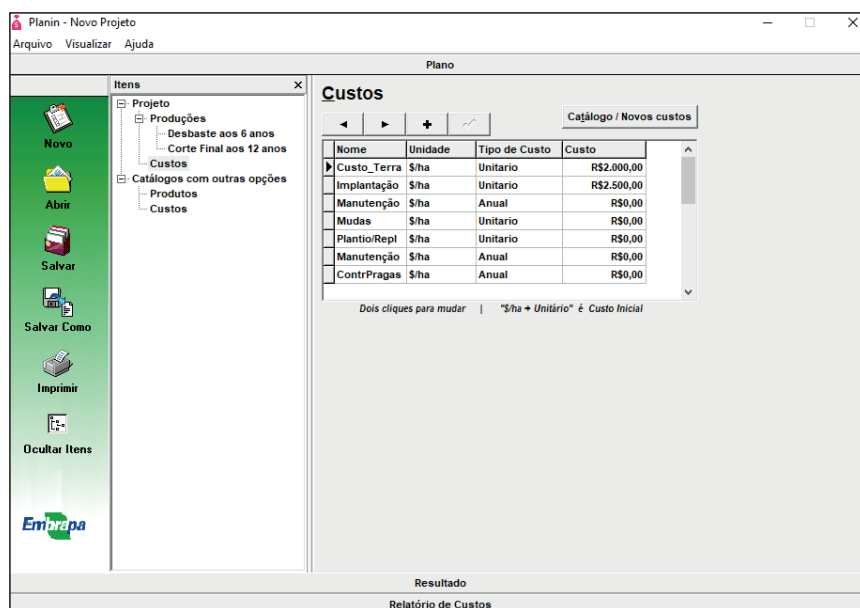


Figura 10. Planilha de custos do software Planin, com informações referentes ao Exemplo 1.

Planin - Novo Projeto

Arquivo Visualizar Ajuda

Plano

Resultado

**PLANIN** © Embrapa

**Fluxo de Receitas e Custos para um projeto de 12 anos**

Ano	Receitas (\$)	Custos (\$)	Receita Presente (\$)	Custo Presente (\$)
0	0,00	4.500,00	0,00	4.500,00
1	0,00	420,00	0,00	403,85
2	0,00	560,00	0,00	517,75
3	0,00	370,00	0,00	328,93
4	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00
6	3.119,00	0,00	2.464,99	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00
12	14.771,00	0,00	9.225,92	0,00

**Parâmetros**

Duração do Projeto (anos) 12,00  
 Produção (m3/ha) 217,60  
 Preço médio (\$/m3) 82,22

Relatório de Custos

Planin - Novo Projeto

Arquivo Visualizar Ajuda

Plano

Resultado

**Parâmetros**

Duração do Projeto (anos) 12,00  
 Produção (m3/ha) 217,60  
 Preço médio (\$/m3) 82,22

Receita Total 17.890,00  
 Custo Total 5.850,00  
 Receita Total Líquida 12.040,00  
 Receita Total Média (ano) 1.490,83  
 Custo Total Médio (ano) 487,50  
 Receita Líquida Média 1.003,33

Taxa de Juros (ao ano) 4,00%  
 Valor Pres. das Receitas 11.690,91  
 Valor Presente dos Custos 5.750,53  
 Valor Presente Líquido 5.940,39  
 Valor Pres. Liq. Anualizado 632,96

Relação Benefício / Custo 2,03  
 Valor Esperado da Terra 15.824,03  
 Taxa Interna de Retorno 11,56%  
 Rentabilidade líquida 103,30%

**Análise de Sensibilidade para Taxa de Juros**

Relatório de Custos

Planin - Novo Projeto			
Arquivo Visualizar Ajuda			
Plano			
Resultado			
Análise de Sensibilidade para Taxa de Juros			
Juros (% ano)	Valor Presente Líquido	V. Pres. Liq. Anualizado	Relação Benef./Custo
1,00	10.222,83	908,29	2,76
2,00	8.617,74	814,89	2,49
3,00	7.197,97	723,12	2,25
4,00	5.940,39	632,96	2,03
5,00	4.824,93	544,38	1,84
6,00	3.834,22	457,33	1,67
7,00	2.953,14	371,81	1,52
8,00	2.168,55	287,76	1,38
9,00	1.468,99	205,15	1,26
10,00	844,48	123,94	1,15
11,00	286,27	44,09	1,05
12,00	-213,26	-34,43	0,96
13,00	-660,80	-111,67	0,88
14,00	-1.062,23	-187,66	0,81
15,00	-1.422,70	-262,46	0,74
16,00	-1.746,75	-336,10	0,68
17,00	-2.038,36	-408,62	0,63
18,00	-2.301,06	-480,07	0,58
19,00	-2.537,96	-550,47	0,54
20,00	-2.751,80	-619,88	0,50
Análise de Sensibilidade para Preço da Produção			
Preço (\$/m3)	Valor Presente Líquido	V. Pres. Liq. Anualizado	Relação Benef./Custo
45,22	679,48	72,40	1,12
49,33	1.264,02	134,68	1,22
53,44	1.848,57	196,97	1,32
57,55	2.433,11	259,25	1,42
61,66	3.017,66	321,54	1,52
65,77	3.602,20	383,82	1,63
69,88	4.186,75	446,11	1,73
73,99	4.771,30	508,39	1,83
78,10	5.355,84	570,68	1,93
82,22	5.940,39	632,96	2,03
86,33	6.524,93	695,25	2,13
90,44	7.109,48	757,53	2,24
94,55	7.694,02	819,82	2,34
98,66	8.278,57	882,10	2,44
102,77	8.863,12	944,38	2,54
106,88	9.447,66	1.006,67	2,64
110,99	10.032,21	1.068,95	2,74
115,10	10.616,75	1.131,24	2,85
119,21	11.201,30	1.193,52	2,95
123,32	11.785,84	1.255,81	3,05
Relatório de Custos			

Planin - Novo Projeto			
Arquivo Visualizar Ajuda			
Plano			
Resultado			
Análise de Sensibilidade para Preço da Produção			
Preço (\$/m3)	Valor Presente Líquido	V. Pres. Liq. Anualizado	Relação Benef./Custo
45,22	679,48	72,40	1,12
49,33	1.264,02	134,68	1,22
53,44	1.848,57	196,97	1,32
57,55	2.433,11	259,25	1,42
61,66	3.017,66	321,54	1,52
65,77	3.602,20	383,82	1,63
69,88	4.186,75	446,11	1,73
73,99	4.771,30	508,39	1,83
78,10	5.355,84	570,68	1,93
82,22	5.940,39	632,96	2,03
86,33	6.524,93	695,25	2,13
90,44	7.109,48	757,53	2,24
94,55	7.694,02	819,82	2,34
98,66	8.278,57	882,10	2,44
102,77	8.863,12	944,38	2,54
106,88	9.447,66	1.006,67	2,64
110,99	10.032,21	1.068,95	2,74
115,10	10.616,75	1.131,24	2,85
119,21	11.201,30	1.193,52	2,95
123,32	11.785,84	1.255,81	3,05
Análise de Sensibilidade para Custos			
Custos (\$/ha)	Valor Presente Líquido	V. Pres. Liq. Anualizado	Relação Benef./Custo
3.162,79	8.528,12	908,69	3,70
Relatório de Custos			

Planin - Novo Projeto				
Arquivo Visualizar Ajuda				
Plano				
Resultado				
110,99	10.032,21	1.068,95	2,74	
115,10	10.616,75	1.131,24	2,85	
119,21	11.201,30	1.193,52	2,95	
123,32	11.785,84	1.255,81	3,05	
Análise de Sensibilidade para Custos				
Custos (\$/ha)	Valor Presente Líquido	V. Pres. Liq. Anualizado	Relação Benef./Custo	
Valor Presente				
3.162,79	8.528,12	908,69	3,70	
3.450,32	8.240,60	878,05	3,39	
3.737,84	7.953,07	847,42	3,13	
4.025,37	7.665,55	816,78	2,90	
4.312,89	7.378,02	786,14	2,71	
4.600,42	7.090,49	755,51	2,54	
4.887,95	6.802,97	724,87	2,39	
5.175,47	6.515,44	694,23	2,26	
5.463,00	6.227,91	663,60	2,14	
5.750,53	5.940,39	632,96	2,03	
6.038,05	5.652,86	602,32	1,94	
6.325,58	5.365,34	571,69	1,85	
6.613,11	5.077,81	541,05	1,77	
6.900,63	4.790,28	510,42	1,69	
7.188,16	4.502,76	479,78	1,63	
7.475,68	4.215,23	449,14	1,56	
7.763,21	3.927,70	418,51	1,51	
8.050,74	3.640,18	387,87	1,45	
8.338,26	3.352,65	357,23	1,40	
8.625,79	3.065,12	326,60	1,36	
Relatório de Custos				

**Figura 11.** Fluxo de caixa, parâmetros para análise econômica e análise de sensibilidade do software Planin para o Exemplo 1.

## SisEucalipto\_Plus e a simulação simultânea de múltiplos regimes de manejo

O SisEucalipto\_Plus também foi lançado na Expoforest 2018 (Oliveira, 2018a) e possui os mesmos algoritmos do “SisEucalipto”, entretanto, possibilita a simulação de múltiplos regimes de manejo para diversos talhões simultaneamente. Nas Figuras 12 e 13 são apresentadas as planilhas de entrada de dados de inventários e definições dos regimes de manejo. No caso, foram cinco talhões e oitenta e quatro regimes de manejo.

**Simuladores Plus - Embrapa Florestas**

Arquivo Ajuda

Inventário Regimes de Manejo Equações Simulação

**Inventário**

Talhao	Idade	Índice de Sítio	Densidade	Area Basal	Diametro	% Sobrevida	Homogeneidade	Tipo	Erro
1	1	28	1660			100	5	1	
2	3	27	1500		12		4	3	
3	2	27	1350		14		6	3	
4	4	31	1380	16			5	3	
5	6	27	1120		18		4	3	

Limpar Inventário

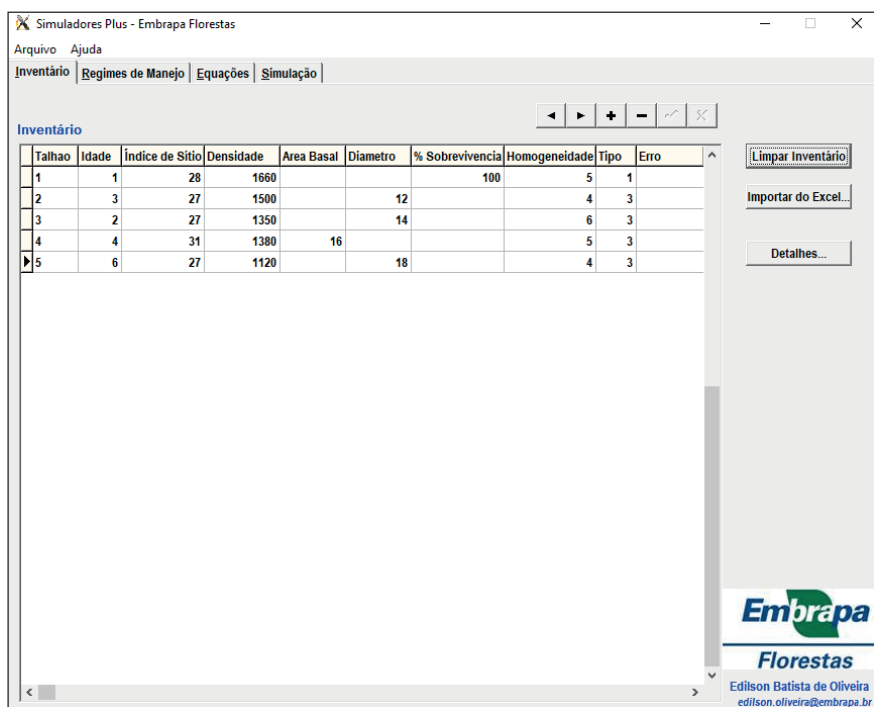
Importar do Excel...

Detalhes...

**Embrapa**  
**Florestas**  
Edilson Batista de Oliveira  
edilson.oliveira@embrapa.br

**Figura 12.** Entrada de dados de inventários do SisEucalipto\_Plus.





**Figura 13.** Regimes de manejo do SisEucalipto\_Plus.

O SisEucalipto\_Plus está integrado com Excel® e Access®, o que viabiliza a interação com banco de dados e possibilita que se trabalhe com uma extensa gama de opções, especialmente tecnologias do manejo florestal de precisão, como pesquisa operacional e inteligência artificial.

**Simuladores Plus - Embrapa Florestas**

Arquivo Ajuda

Inventário Regimes de Manejo Equações Simulação

**Parâmetros**

Intervalo de Classes de Diâmetro:

**Resultado**

Talhão	Regime	Idade	Tipo Intervenção	Diâmetro Médio	Altura	Frequência	Volume	Msg
5	R 83	7	1	12,5	22,6	79,7	8,61	
5	R 83	7	1	17,5	23,5	256,8	56,71	
5	R 83	7	1	22,5	24,4	218,0	82,45	
5	R 83	7	1	27,5	25,4	33,4	19,65	
5	R 83	12	2	17,5	28,4	13,8	3,68	
5	R 83	12	2	22,5	29,6	110,2	50,53	
5	R 83	12	2	27,5	30,5	213,1	150,43	
5	R 83	12	2	32,5	31,4	141,1	143,19	
5	R 83	12	2	37,5	32,6	15,5	21,72	
5	R 84	7	1	7,5	20,8	1,9	0,07	
5	R 84	7	1	12,5	22,6	79,7	8,61	
5	R 84	7	1	17,5	23,5	256,8	56,71	
5	R 84	7	1	22,5	24,4	218,0	82,45	
5	R 84	7	1	27,5	25,4	33,4	19,65	
5	R 84	15	2	17,5	29,8	2,3	0,63	
5	R 84	15	2	22,5	31,6	52,2	25,56	
5	R 84	15	2	27,5	32,7	166,8	126,42	
5	R 84	15	2	32,5	33,7	183,2	199,88	
5	R 84	15	2	37,5	34,9	60,7	91,07	
5	R 84	15	2	42,5	36,9	1,3	2,59	

Salvar Parâmetros

Limpar Resultado

Calcular Simulação

Exportar para Excel...

Detalhes...

**Embrapa Florestas**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Regime	Talhao	Idade	TipoIntervenc	Diametro	Altura	Frequencia	Volume
2								
3	R 1	1	10	2	17,50	26,13	19,62	4,81
4	R 1	1	10	2	22,50	28,12	212,09	92,46
5	R 1	1	10	2	27,50	29,52	408,80	279,59
6	R 1	1	10	2	32,50	30,86	229,86	229,49
7	R 1	1	10	2	37,50	32,54	19,12	26,80
8	R 2	1	12	2	17,50	27,10	8,12	2,06
9	R 2	1	12	2	22,50	29,81	142,20	65,73
10	R 2	1	12	2	27,50	31,57	346,77	253,56
11	R 2	1	12	2	32,50	33,13	256,95	275,41
12	R 2	1	12	2	37,50	34,90	40,98	61,60
13	R 3	1	15	2	17,50	27,99	2,46	0,65
14	R 3	1	15	2	22,50	31,74	84,74	41,71

Personalizado	Resultado	Id	InventarioID	RegimeID	Regime	Talhao	Idade	TipoIntervencao	Diametro	Altura	Frequencia	Volume
6533	93	954 R 83	5	7	1	22,5	24,3868207347868	218,031880853043	82,4509620188775			
6534	93	954 R 83	5	7	1	27,5	25,4278651314112	33,596835981084	19,6495546726755			
6535	93	954 R 83	5	12	2	17,5	28,4045811348649	13,7967140154488	3,6761705688123			
6536	93	954 R 83	5	12	2	22,5	29,5732955141162	110,180006192497	50,5269467784401			
6537	93	954 R 83	5	12	2	27,5	30,4693854262286	213,130148438653	150,428284954375			
6538	93	954 R 83	5	12	2	32,5	31,3700927739576	141,079539697619	143,186409587465			
6539	93	954 R 83	5	12	2	37,5	32,6081143704197	15,460705683611	21,715601196069			
6540	93	955 R 84	5	7	1	7,5	20,8119100016715	1,8871570459141	6,7670286112614E-02			
6541	93	955 R 84	5	7	1	12,5	22,5817858000253	79,6810357339464	8,61169777442855			
6542	93	955 R 84	5	7	1	17,5	23,541284982833	256,805183916926	56,7107711278181			
6543	93	955 R 84	5	7	1	22,5	24,3868207347868	218,031880853043	82,4509620188775			
6544	93	955 R 84	5	7	1	27,5	25,4278651314112	33,596835981084	19,6495546726755			
6545	93	955 R 84	5	15	2	17,5	29,8125483955409	2,2483560219838	0,83486895478084			
6546	93	955 R 84	5	15	2	22,5	31,5818379168631	52,195510191826	25,561779606762			
6547	93	955 R 84	5	15	2	27,5	32,7126639655584	166,8332548889816	126,421059870422			
6548	93	955 R 84	5	15	2	32,5	33,7195721662914	183,213582060896	199,87659778237			
6549	93	955 R 84	5	15	2	37,5	34,8552017133678	60,6560209285375	91,0666910905793			
6550	93	955 R 84	5	15	2	42,5	36,8672727251031	1,26898149730368	2,58838971517614			

**Figura 14.** Planilha de resultados com 84 regimes de manejo para cada um dos cinco talhões, gerada pelo SisEucalipto Plus em tela própria, Excel e Access.

## Considerações finais

Os softwares da série “Sis” da Embrapa Florestas têm atingido a marca de quatro mil downloads por ano, sendo utilizados em todos os Estados brasileiros e diversos países, sendo que SisEucalipto e SisILPF\_Eucalipto representam um terço deste total. Seus usuários são produtores rurais, empresas de base florestal, consultorias, órgãos de assistência técnica rural, institutos ambientais, cooperativas, secretarias municipais, sindicatos, associações, universidades, centros tecnológicos e profissionais autônomos.

Conforme já enfatizado, os softwares dão suporte às atividades de manejo, análise econômica e planejamento do componente florestal em monocultivos e sistemas ILPF. Por meio deles, os produtores podem testar, para cada condição de clima e de solo, todas as opções de manejo florestal, fazer prognoses de produções presente e futura, efetuar análises econômicas e decidir sobre a melhor alternativa para conduzir sua plantação. Com a quantificação da madeira produzida por tipo de utilização industrial, o usuário desses softwares pode manejar suas florestas para a produção de madeira direcionada ao uso mais rentável.

Todos os softwares possuem manuais também nos idiomas inglês e francês, e estão disponibilizados no site da Embrapa Florestas (<https://www.embrapa.br/florestas>).

## Referências

ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MACEDO, M. C. M.; MEDEIROS, S. R.; FERREIRA, A. D.; GOMES, R. C.; ARAÚJO, A. R.; MONTAGNER, D. B.; BUNGENSTAB, D.; FEIJÓ, D. **Carbon neutral brazilian beef: a new concept for sustainable beef production in the tropics**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 243). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1080610>.

ASSMANN, E. **The principles of forest yield study**. Oxford: Pergamon Press, 1970. 506 p.

HAFLEY, W. L.; BUFORD, M. A. A bivariate model for growth and yield prediction. **Forest Science**, v. 31, n. 1, p. 237-47, 1985.

HAFLEY, W. L.; SCHREUDER, H. T. Statistical distribution for fitting diameter and height data in even-aged stand. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 7, p. 481-487, 1977. DOI: <https://doi.org/10.1139/x77-062>.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **2006 IPCC: guidelines for national greenhouse gas inventories**. Hayama: IGES, 2006. v. 4.

OLIVEIRA, E. B.; BERNETT, L. B.; MACHADO, S. A.; GRAÇA, L. R. SisEucalipto: simulador para manejo de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. **Resumos técnicos**. Rio de Janeiro: Instituto Ambiental Biosfera, 2000. p. 369-371.

OLIVEIRA, E. B. Série Plus de novos softwares da Embrapa para simulação simultânea de múltiplos regimes de manejo de florestas plantadas. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 4., 2018, Ribeirão Preto. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa, 2018a. v. 1. p. 135-140.

OLIVEIRA, E. B. SisILPF: software para simulação do crescimento, produção, metano e manejo do componente florestal em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 4., 2018, Ribeirão Preto. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa, 2018b. v. 1. p. 127-134.

OLIVEIRA, E. B. **Softwares para manejo e análise econômica de plantações florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 68 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 216). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/898050>.

OLIVEIRA, E. B. **Um sistema computadorizado de prognose de crescimento e produção de *Pinus taeda* L. com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo**. 1995. 126 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SCHREUDER, H. T.; HAFLEY, W. L. A useful bivariate distribution for describing stand structure of tree heights and diameter. **Biometrics**, v. 33, n. 3, p. 471-477, 1977. DOI: <https://doi.org/10.2307/2529361>.